

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-250874

(43)Date of publication of application : 06.09.2002

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

(21)Application number : 2001-396028

(71)Applicant : AGILENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 27.12.2001

(72)Inventor : CHEN DATONG  
PHILIPP JOHN C  
HARDCASTLE IAN

(30)Priority

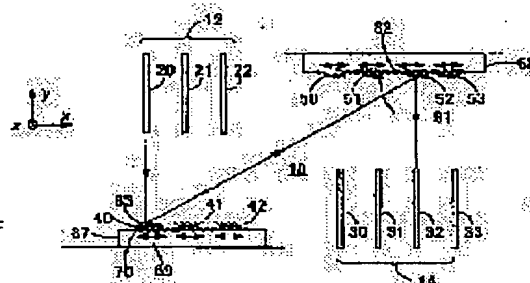
Priority number : 2001 755526 Priority date : 05.01.2001 Priority country : US

## (54) OPTICAL SWITCH WITH STEPWISE MULTIFACETED MIRROR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To decrease the accuracy which is required in arranging a movable mirror used for an optical switch.

SOLUTION: The optical switch is provided with optical paths which are organized as a set of M-input optical paths and a set of N-output optical paths. The optical switch further includes a multifaceted mirror which has N-facets corresponding to each of M-input optical paths and a multifaceted mirror which has M-facets corresponding to each of N-output optical paths. Further, the optical switch is provided with a moving mechanism which is connected with each multifaceted mirror and moves the multifaceted mirrors stepwise to selectively matches one of facets of the multifaceted mirror to one of the optical paths with which the multifaceted mirror is correlated. Each facet of the multifaceted mirror corresponds to the assembly of the optical path, i.e., either of the assembly of the input optical paths or the assembly of the output optical paths, and favorably makes light reflect toward the other assembly of the optical paths, i.e., the assembly of the output optical paths or the assembly of the input optical paths.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.12.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-250874

(P2002-250874A)

(43)公開日 平成14年9月6日(2002.9.6)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 26/08

識別記号

F I

G 0 2 B 26/08

テマート\*(参考)

E 2 H 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2001-396028(P2001-396028)

(22)出願日 平成13年12月27日(2001.12.27)

(31)優先権主張番号 09/755526

(32)優先日 平成13年1月5日(2001.1.5)

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 399117121

アジレント・テクノロジーズ・インク

AGILENT TECHNOLOGIE  
S, INC.

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル  
ト ページ・ミル・ロード 395

(72)発明者 ダートン・チェン

アメリカ合衆国カリフォルニア州94086,  
サニーベイル, マデラ・アベニュー・ナン  
バー15・428

(74)代理人 100063897

弁理士 古谷 馨 (外2名)

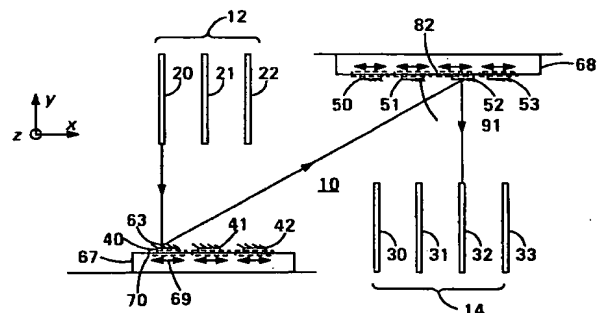
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 階段状に多面化された鏡を組み込んだ光スイッチ

(57)【要約】

【課題】光スイッチに用いられる可動鏡の配置に必要とされる精度を低減すること。

【解決手段】M入力光路の集合およびN出力光路の集合に編成された光路を備える光スイッチ。光スイッチはさらに、M入力光路のそれぞれに対応しN面を有する多面鏡、及びN出力光路のそれぞれに対応しM面を有する多面鏡を含む。さらに、光スイッチは、各々の多面鏡に接続され、多面鏡をステップ移動させて多面鏡のファセットのうち1つをこの多面鏡が関連付けられる光路のうち1つへ選択的に整合させるための移動機構を備える。各々の多面鏡のファセットは、光路の集合、すなわち入力光路の集合または出力光路の集合のうちいずれか一方に対応しており、他方の光路の集合、すなわち出力光路の集合または入力光路の集合へ好ましく光を反射させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 M入力光路の集合及びN出力光路の集合に編成された光路と、  
前記M入力光路のそれぞれ1つに対応し、Nファセットを有する多面鏡と、  
前記N出力光路のそれぞれ1つに対応し、Mファセットを有する多面鏡と、  
前記多面鏡の前記ファセットのうちの1つを前記多面鏡が対応する前記光路のうちの1つに選択的に整合させるように前記多面鏡をステップ移動させるための、それぞれの前記多面鏡に接続される移動機構と、  
からなる光スイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光スイッチに関し、さらに詳細には、階段状に多面化された鏡を用いて光信号を切り換えるM×Nの光スイッチに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 現在、MEMSを用いるM×Nの光スイッチが光スイッチングシステムの用途に開発されており、これらは、光ネットワークにおいて一方の光ファイバから他方の光ファイバへ光信号を切り替えるのに用いられている。このような光スイッチでは、M入力ファイバのうち1つから受信した光信号は、第1の可動ミラーへ照射される。第1の可動鏡は入力ファイバに関連付けられ、光信号を第2の可動鏡へ向けむけて反射する。第2の可動鏡はN出力ファイバのうち1つに関連付けられ、第1の可動鏡から受信した光信号を出力ファイバへ反射する。（「M入力ファイバ」、「N出力ファイバ」は、M個の入力用光ファイバ、N個の出力用光ファイバをそれぞれ指して用いている）。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 このような光スイッチでは、光信号を高い結合効率で入力ファイバから出力ファイバへ接続するため、各々の可動鏡の角度は $1/2^{13}$ のオーダーの精度で精確に配置されなければならない。入力および出力のファイバが二次元配列で配置される場合、可動鏡の角度は直交する2つの軸の各々について必要とされる精度で設定されなければならない。この精度を獲得するためには、複雑な閉ループの位置決め機構が必要とされる。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明は、M入力光路の集合及びN出力光路の集合に編成された光路を含む光スイッチを提供する。この光スイッチは、M入力光路の各々に対応しNファセットを有する多面鏡（ファセットミラー、またはファセット構造ミラーとも呼ばれる）、及びN出力光路の各々に対応しMファセットを有する多面鏡とをさらに含む。最終的に、光スイッチは、多面鏡をステップ移動させて多面鏡のファセットの1つをその多

面鏡が関連付けられる光路の1つへ選択的に整合させるための、各々の多面鏡に結合された移動機構を含む。

（「M入力光路」、「N出力光路」は、M個の入力光路、N個の入力光路をそれぞれ指して用いている。同様に、「Nファセット」、「Mファセット」は、N個のファセット、M個のファセットをそれぞれ指して用いている。）

【0005】 光路の集合、即ち入力光路の集合または出力光路の集合のうちの一方に対応する各々の多面鏡のファセットは、光路の集合、即ち入力光路の集合または出力光路の集合のうちの他方に対応する多面鏡のファセットのうち異なるものへ光を反射するような角度が与えられる。

【0006】 本発明による光スイッチは、従来のMEMSで用いられる光スイッチのそれぞれの可動鏡を、階段状に多面化された鏡に置きかえることにより、可動鏡の高精確の配置を不要にしている。多面鏡のそれぞれのファセットは必要な精度の角度に加工されるが、鏡が単に直線的に1方向または2方向へステップ移動又は回転的に移動されるだけで、多面鏡の適当なファセットを入力光路または出力光路に整合させる。多面鏡がステップ移動されるのに必要な精度は、可動鏡の角度を設定するのに必要とされる精度に比べてはるかに小さい。このことは、本発明による光スイッチの製造コストを節約及び削減する。さらに、各々の多面鏡を移動するステップは互いに等しくすることが可能である。このことは、移動機構として簡易な静電式ステッピングモータを使用することを可能にし、従来の光スイッチに比較して本発明の光スイッチのコストをさらに節約及び削減する。

【0007】 本発明はさらに、入力光路を介して受信された光信号を出力光路へ切り替えるための手段を提供する。入力光路はM入力光路の配列のうち任意の1つであり、出力光路はN出力光路の配列のうち任意の1つである。本方法では、M入力光路のそれぞれに対応するNファセットの多面鏡及びN出力光路のそれぞれに対応するMファセットの多面鏡が設けられる。各々のNファセットの多面鏡は、対応する入力光路のうち1つの対面に配置される。各々のMファセットの多面鏡は、対応する出力光路のうち1つの対面に配置される。入力光路に対応するNファセットの多面鏡は、そのファセットのうち1つを入力光路に整合させるようにステップ移動させられる。入力光路に整合させられたファセットは、出力光路に対応するMファセットの多面鏡へ向けて光信号を反射するような角度が与えられる。出力光路に対応するMファセットの多面鏡は、そのファセットのうち1つを出力光路に整合させるようにステップ移動させられる。出力光路に整合させられるファセットには、出力光路を介して受信される光を入力光路に対応するNファセットの多面鏡へ反射するような角度が与えられる。

## 【0008】

【発明の実施の形態】図1は、本発明による光スイッチの単純化された第1の実施例を示している。光スイッチは、M入力光路の集合12、N出力光路の集合14、M入力光路のそれぞれに対応しNファセットを含む多面鏡、N出力光路のそれぞれに対応しMファセットを含む多面鏡、および、多面鏡のファセットの1つを多面鏡が対応する光路に整合させるように多面鏡を直線的にステップ移動させるための各々の多面鏡に接続された移動機構からなる。

【0009】図1に示される実施例において、入力光路の集合12は、x方向に一次元配置として構成される3つの入力光ファイバ20、21および22からなり、同様に、出力光路の集合14は、x方向に一次元配列として構成される4つの出力光ファイバ30、31、32および33からなる。出力光路の集合14は、同一平面上において入力光路の集合12の対面に配置され、x方向およびy方向については入力光路の集合からずれている。同一平面内に入力光路と出力光路を配置することは、多面鏡の設計を簡単にするが、本発明にとっては本質的なことではない。

【0010】入力光ファイバ20、21および22の光を放射する端部に対面して多面鏡40、41および42が、それぞれ配置されている。各々の多面鏡は、入力ファイバのうち異なるものから光を受信するように配置されているため、「入力ファイバに対応する」と前述した。この例では、出力光路の集合14は4つの光ファイバから成るため、多面鏡40-42はそれぞれ4つのファセットを有する。

【0011】出力ファイバ30、31、32および33の端部の対面に、多面鏡50、51、52および53がそれぞれ配置されている。各々の多面鏡は、光が出力ファイバから出力されたとき、出力ファイバのうち異なるものから光を受信するように配置されているため、「出力ファイバに対応する」と前述した。この例では、入力光路の集合12は3つの光ファイバから成るため、多面鏡50-53は、それぞれ3つのファセットを有する。

【0012】上述したファセットの数は、最小の数である。多面鏡は、上述した最小のファセット数より多くのファセットを有することが好ましい。例えば、入力光路の数が出力光路の数と異なる場合、光路数の大きな集合に対応する多面鏡を光路数の小さな集合に対して設けることによって、出力光路と入力光路の両方に対応する同一の鏡の設計が可能になる。このことはまた、入力光路または出力光路の数を後から増加させることも可能にする。しかしながら、上述の最小数を超えるファセットは使用されないであろう。

【0013】入力光路の集合12と出力光路の集合14とを構成するファイバ、多面鏡40-42、および多面鏡50-53は、これらの互いの位置を精密に定める適切なフレーム（図示せず）上に取り付けられる。

【0014】図2Aは、図1に示された多面鏡40の第1の実施例の拡大図である。多面鏡は、x方向の一次元配列に構成される4つのファセット61、62、63および64が取り付けられるステージ60を備えている。このステージはx方向に自由に移動できるようにステータ67上へ取り付けられるが、ステータはステージがy方向及びz方向へ移動することを抑制している。例えば、高いアスペクト比の可撓性の湾曲部（図示せず）をステージとステータとの間に延ばすことにより、ステージがx方向へは自由に移動するがy方向とz方向への移動は抑制されることを可能にしている。

【0015】多面鏡41及び42は多面鏡40と同様に構成され、同様にステージ67に取り付けられる。多面鏡50-53もまた同様に構成され、同様にステータ68に取り付けられる。

【0016】ステージ60とステータ67との間には、概略を70で示す移動機構が設けられる。移動機構はステージ60を動かし、したがって、ファセット61-64は、矢印69に示されるようにx方向について前後する。移動機構は、ステージを所定の位置間でx方向に移動させるような高精度の静電式または電磁式のリニアステップモータであることが望ましい。各々の所定の位置において、ファセット61-64のうち異なる入力光路20から出力される光に整合させられる。Hoen他による米国特許第5,986,381号に記載されるような高精度の静電式リニアステップモータが好ましい。多面鏡ファセットの中心は、前記所定の位置間の距離が等しくなるように、x方向に等間隔で配置されることが望ましい。そして、このHoenのステップモータの電極は、ステップモータがステージを自動的にかつ精確に所定の位置へ移動させるようなピッチを有するように製造することが可能である。

【0017】あるいは、移動機構70は、回転式モータ、好ましくは回転形ステップモータ、回転運動を直線運動へ変換する適当な動力伝達装置等から構成できる。さらに別な方法としては、圧電アクチュエータ、圧電ペンダー、または直線移動を生成する他の精密機構を用いることもできる。これらの機構は、ステージ60の位置のフィードバック制御を行ってもよいし、行わなくてもよい。

【0018】多面鏡41、42および50-53には、それぞれ、移動機構70に類似した移動機構が設けられる。

【0019】多面鏡40のファセット61-64は互いに異なる角度を与えられており、それらのそれぞれは、入力ファイバ20から受信した光を、出力光路の集合14に対応する多面鏡50-53のうち異なるものへ反射する。詳しく述べると、多面鏡のファセット61、62、63および64は、入力光路20から受信した光を、出力ファイバ31、32、33および34のそれぞ

れに対応する多面鏡50、51、52および53へ向けて反射するように、それぞれ角度を与えられている。

【0020】多面鏡41及び42のファセットもまた、今述べた条件に合致する角度を与えられている。しかしながら、多面鏡41及び42のそれぞれに対応する入力ファイバ21及び22のx方向における位置は互いに異なると共に、入力ファイバ20の位置とも異なるため、多面鏡41及び42のファセットの角度は、互いに異なるとともに、多面鏡40のファセットの角度とも異なる。

【0021】出力光路の集合14に対応する多面鏡50-53のファセットには、出力ファイバ30-33から光が出力されたとき、各々のファセットがこの光を多面鏡40-42のうち何れか1つへ向けて反射するような角度が、それぞれ与えられる。今述べた条件に合致する角度が与えられる場合、多面鏡50-53のそれぞれのファセットは、多面鏡40-42のうち何れか1つから受信した光を前記多面鏡50-53に対応する出力光路内へ反射する。

【0022】図1は、光スイッチ10が、入力ファイバ20から出力ファイバ32へ光信号を切り換えるように構成される実施例を示している。移動機構70は、多面鏡40をx方向に直線的にステップ移動させてファセット63と入力ファイバ20とを整合させる。ファセット63は、入力ファイバ20から受信した光信号を、出力光路の集合14のうち出力ファイバ32に対応する多面鏡52へ向けて反射する。

【0023】多面鏡52に接続された移動機構82は、この移動式多面鏡をx方向に直線的にステップ移動させてファセット91と出力ファイバ32とを整合させる。入力ファイバ20を介して受信され、多面鏡40によって反射される光信号は、多面鏡52のファセット91へ入射する。ファセット91は、この光信号を出力光路32内へ反射するように角度を与えられている。

【0024】図3Aは、光スイッチ10が入力ファイバ20から出力ファイバ30へ光信号を切り換えるように再構成された実施例を示している。移動機構70は、多面鏡40をx方向に直線的にステップ移動させてファセット61を入力ファイバ20に整合させる。移動機構80は、出力ファイバ30に対応する多面鏡50をx方向に直線的にステップ移動させてファセット92と出力ファイバ30とを整合させる。

【0025】多面鏡40のファセット61は、入力ファイバ20によって出力された光信号を多面鏡50へ向けて反射する。多面鏡50において、光信号は、光信号を出力ファイバ30内へ反射するような角度を与えられたファセット92に入射する。

【0026】図3Bは、光スイッチ10が入力ファイバ20から出力ファイバ31へ光信号を切り換えるように再構成された実施例を示している。移動機構70は、多

面鏡40をx方向に直線的にステップ移動させてファセット62を入力ファイバ20に整合させる。移動機構81は、出力ファイバ31に対応する多面鏡51をx方向に直線的にステップ移動させてファセット93を出力ファイバ31に整合させる。

【0027】多面鏡40のファセット62は、入力ファイバ20によって出力された光信号を多面鏡51へ向けて反射する。多面鏡51において、光信号は、光信号を出力ファイバ31内へ反射するような角度を与えられたファセット93に入射する。

【0028】図3Cは、光スイッチ10が入力ファイバ20から出力ファイバ33へ光信号を切り換えるように再構成された実施例を示している。移動機構70は、多面鏡40をx方向に直線的にステップ移動させて多面鏡40のファセット64を入力ファイバ20に整合させる。移動機構83は、出力ファイバ33に対応する多面鏡53をx方向に直線的にステップ移動させてファセット94を出力ファイバ33に整合させる。

【0029】多面鏡40のファセット64は、入力ファイバ20によって出力された光信号を多面鏡53へ向けて反射する。多面鏡53において、光信号は、光信号を出力ファイバ33内へ反射するような角度を与えられたファセット94に入射する。

【0030】図4Aは、スイッチ10が、図1に示される状態から、光信号を入力ファイバ21から出力ファイバ32へ切り替えるように再構成される途中にある状態を示す実施例である。入力ファイバ21に対応する多面鏡41の移動機構71は、多面鏡41をx方向に直線的にステップ移動させてファセット95を入力ファイバ21に整合させる。ファセット95は、入力ファイバ21を介して受信した光信号を出力ファイバ32に対応する多面鏡52へ向けて反射する。しかしながら、この光信号は、図1に示される入力ファイバ20を介して受信したときの光信号の入射角とは異なる角度で多面鏡52のファセット91へ入射する。したがって、ファセット91は、入力ファイバ21を介して受信した光信号を、出力ファイバ32から外れてしまうような角度で反射することになる。

【0031】図4Bは、入力ファイバ21から出力ファイバ32へ光信号を切り換えるように完全に再構成された光スイッチ10を示している。移動機構82が、多面鏡52をx方向に直線的にステップ移動させ、ファセット96を出力ファイバ32に整合させている。ファセット96には、多面鏡41のファセット95から受信した光信号を出力ファイバ32内へ反射するような角度が与えられている。

【0032】光スイッチ10は、多面鏡40-42及び50-53のうち任意の1つを横方向にステップ移動させることにより再構成され、図3A-3C、4A及び4Bに例示した切り替え動作と同様の方法で、M入力ファ

10

20

30

40

50

イバのうちいずれか1つを介して受信される光信号をN出力ファイバのうちいずれか1つへ切り替えることが可能であることは、当業者には明らかであろう。また、本明細書で開示される単純化された実施例を、もっと大きな入力ファイバ及び出力ファイバの配列、およびこれに対応するもっと多くのファセットを有するもっと大きな多面鏡の配列を用いて実施するように容易に拡張できることも、当業者には明らかであろう。

【0033】図5は、本発明による光スイッチの単純化された第2の実施例150を示している。図1に示される実施例10の構成要素に対応する第2の実施例150の構成要素は、同一の参照番号で示され、ここで再び説明は行わない。この光スイッチは、M入力光路の集合12、N出力光路の集合14、M入力光路のそれぞれに対応するとともにNファセット有する多面鏡、N出力光路のそれぞれに対応するとともにMファセットを有する多面鏡、及びそれぞれの多面鏡に接続されて多面鏡を回転方向にステップ移動させ、多面鏡のファセットのうち1つをこの多面鏡が対応する光路に整合させる移動機構からなる。

【0034】入力ファイバ20、21および22の光を放出する端部に対面して多面鏡140、141および142が、それぞれ配置されている。多面鏡のそれぞれは、入力ファイバのうち異なるものから光を受信するように配置されるため、「入力ファイバに対応する」と述べた。図の例では、出力光路の集合14は4つの光ファイバからなるため、多面鏡140-142のそれぞれは4つのファセットを有する。

【0035】出力ファイバ30、31、32および33の端部に対面して多面鏡150、151、152および153が、それぞれ配置されている。多面鏡のそれぞれは、光が出力ファイバに導かれたとき出力ファイバのうち異なるものから光を受信する位置に配置されるため、「出力ファイバに対応する」と述べた。図の例では、入力光路の集合12は3つの光ファイバからなるため、多面鏡150-153のそれぞれは3つのファセットを有する。

【0036】上述したファセットの数は、上述したように最小の数である。

【0037】図6Aおよび6Bは、図5に示される光スイッチ150の多面鏡140の実施例を拡大した立面図及び平面図である。多面鏡は、4つのファセット61、62、63および64が取り付けられるステージ160を備える。このステージは、ステータ167に設けられた軸68に回転するように取り付けられ、所定の角度位置間を自由に回転できるが横方向への移動は抑制されているようになっている。多面鏡141及び142は、同様に構成されて同様にステータ167へ取り付けられている。ファセット150-153も同様に構成され、同様に回転可能にステータ168へ取り付けられている。

【0038】ステージ160とステータ167の間には、概略を170で示されている移動機構が配置されている。この移動機構は、ステージ160すなわちファセット61-64を、矢印169で示されるように軸68を中心に回転方向へ移動させる。移動機構は、前記軸を中心にステージを回転させ所定の回転位置間を移動させる高精度な回転形の静電式または電磁式のステッピングモータが好ましい。所定の回転位置のそれぞれにおいて、ファセット61-64のうちいずれか1つが、入力光路20によって出力される光に整合させられる。Hoen他による米国特許第5,986,381号に記載される類の高精度な回転形の静電式ステッピングモータが好ましい。ファセットの中心は、所定の回転位置間の角度が等しくなるように、前記軸を中心に同じ角度で間隔を空けて配置されることが望ましい。Hoenの回転形ステッピングモータの電極は、ステッピングモータがステージを自動的かつ精確に所定の回転位置のそれぞれに移動させることができるピッチを持つように製造することができる。

【0039】あるいは、移動機構170は、電磁的回転モータ、好ましくは回転形ステッピングモータから構成することができる。さらに別の方法としては、圧電アクチュエータまたは圧電ベンダー、および直線運動を回転運動に変換する適当な伝達機構または回転移動を生成する他の精密機構を用いることができる。このような機構は、ステージ160の回転位置のフィードバック制御を行うこともできるし、行わないようにもできる。これらの機構は、所定の回転位置を定めるための機械的な回転止めを備えることもできるし、備えなくてもよい。

【0040】多面鏡141、142及び150-153は、それぞれ、移動機構170に類似した回転移動機構を備えることができる。

【0041】光路の集合の一方に対応する多面鏡のそれぞれのファセットは、上述したように光路の集合の他方に対応する多面鏡のうち異なるものから光を反射するような角度を与えられている。

【0042】図5は、光スイッチ150が、入力ファイバ20から出力ファイバ32へ光信号を切り換えるように構成される実施例を示している。移動機構170は、軸68の回りに多面鏡140を回転方向にステップ移動させてファセット63を入力ファイバ20に整合させる。ファセット63は、入力ファイバ20から受信した光信号を出力光路の集合14の出力ファイバ32に対応する多面鏡152へ向けて光を反射させる。

【0043】多面鏡152に接続された移動機構182は、その軸の回りに移動多面鏡を回転方向にステップ移動させてファセット191を出力ファイバ32に整合させる。入力ファイバ20を介して受信され多面鏡140によって反射された光信号は、多面鏡152のファセット191へ入射する。ファセット191は、この光信号

を出力光路 3 2 内へ反射するような角度を与えられている。

【0044】光スイッチ 150 は、多面鏡 140-142 及び 150-153 のうち適当な 1 つを回転させることにより再構成され、図 3A~3C、4A 及び 4B に例示した切り替え動作と同様の方法で、M 入力ファイバのうちいずれか 1 つを介して受信された光信号を N 出力ファイバのうちいずれか 1 つへ切り替えることが可能であることは、当業者には明らかであろう。また、本明細書で開示される単純化された実施例を、もっと大きな入力ファイバ及び出力ファイバの配列、およびこれに対応するもっと多くのファセットを有するもっと大きな多面鏡の配列を用いて実施するように容易に拡張できることも、当業者には明らかであろう。

【0045】図 1 及び図 5 に示される本発明による光スイッチの実施例において、出力光路の集合 14 は、入力光路の集合 12 に対面して取り付けられており、x 方向および y 方向については入力光路の集合からずれている。多面鏡 40-42 または 140-142 は、入力光路の集合 12 に対面して取り付けられており、y 方向について入力光路の集合からずれている。多面鏡 50-52 または 150-152 は、出力光路の集合 14 に対面して取り付けられており、y 方向について出力光路の集合からずれている。

【0046】応用例として、入力光路と出力光路とを共通の平面内に配置すること、及び、多面鏡 40-42 または 140-142 と多面鏡 50-52 または 150-152 とを共通の平面内に取り付けることは、さらに有益である。図 7 は、本発明による光スイッチの第 3 の実施例 200 を示している。この例では、出力光路の集合 14 が入力光路の集合 12 と同じ平面内に配置され、かつ x 方向について入力光路とずらしてあり、また y 方向について多面鏡が光路からずらしてあり、x 方向について多面鏡 50-53 が多面鏡 40-42 からずらしてあるように、図 1 に示される光スイッチ 10 の構成要素が再構成されている。図 5 に示される実施例も、同様に再構成することができる。図 1 に示される実施例の構成要素に対応する図 7 の実施例の構成要素は、同じ参照番号で示されており、ここでは再び説明は行わない。

【0047】光スイッチ 200 は、さらに、入力光路の集合 12 と出力光路の集合 14 との間に配置され、多面鏡が配置される面に対面する共通の鏡 16 を備えている。

【0048】図 7 は、光スイッチ 200 が、入力ファイバ 20 から出力ファイバ 32 へ光信号を切り換えるように構成される実施例を示している。移動機構 70 は、多面鏡 40 を x 方向に直線的に歩進させてファセット 63 を入力ファイバ 20 に整合させる。ファセット 63 は、入力ファイバ 20 から受信した光信号を共通の鏡 16 上の点 75 へ向けて反射させる。光信号は、共通の鏡が光

信号を出力光路の集合 14 の出力ファイバ 32 に対応する多面鏡 52 に向けて反射するような入射角度で共通の鏡 16 上の点 75 へ入射する。

【0049】多面鏡 52 に接続されている移動機構 82 は、移動多面鏡を x 方向に直線的にステップ移動させてファセット 91 を出力ファイバ 32 に整合させる。入力ファイバ 20 を介して受信され、多面鏡 40 及び共通の鏡 16 上の点 75 によって反射された光信号は、多面鏡 52 のファセット 91 へ入射する。ファセット 91 は、この光信号を出力光路 32 へ反射するような角度を与えられている。

【0050】図 8A は、光スイッチ 200 が、入力ファイバ 20 から出力ファイバ 30 へ光信号を切り換えるように再構成された実施例を示している。移動機構 70 は、多面鏡 40 を x 方向に直線的にステップ移動させてファセット 61 を入力ファイバ 20 に整合させる。移動機構 80 は、出力ファイバ 30 に対応する多面鏡 50 を x 方向に直線的にステップ移動させてファセット 92 を出力ファイバ 30 に整合させる。

【0051】多面鏡 40 のファセット 61 は、入力ファイバ 20 によって出力された光信号を共通の鏡 16 上の点 76 へ向けて反射する。光信号は、共通の鏡が多面鏡 50 に向けて光信号を反射するような入射角度で共通の鏡の点 76 へ入射する。多面鏡 50 において、共通の鏡によって反射された光信号は、光信号を出力ファイバ 30 内へ反射するような角度を与えられているファセット 92 へ入射する。

【0052】図 8B は、光スイッチ 200 が、入力ファイバ 20 から出力ファイバ 31 へ光信号を切り換えるように再構成された実施例を示している。移動機構 70 は、多面鏡 40 を x 方向に直線的にステップ移動させてファセット 62 を入力ファイバ 20 に整合させる。移動機構 81 は、出力ファイバ 31 に対応する多面鏡 51 を x 方向に直線的にステップ移動させてファセット 93 を出力ファイバ 31 に整合させる。

【0053】多面鏡 40 のファセット 62 は、入力ファイバ 20 によって出力された光信号を共通の鏡 16 上の点 77 へ向けて反射する。光信号は、共通の鏡が多面鏡 51 に向けて光信号を反射するような入射角度で点 77 へ入射する。多面鏡 51 において、共通の鏡によって反射された光信号は、光信号を出力ファイバ 31 内へ反射するような角度を与えられているファセット 93 に入射する。

【0054】図 8C は、光スイッチ 200 が、入力ファイバ 20 から出力ファイバ 33 へ光信号を切り換えるように再構成された実施例を示している。移動機構 70 は、多面鏡 40 を x 方向に直線的にステップ移動させて多面鏡 40 のファセット 64 を入力ファイバ 20 に整合させる。移動機構 83 は、出力ファイバ 33 に対応する多面鏡 53 を x 方向に直線的にステップ移動させてファ

セット 94 を出力ファイバ 33 に整合させる。

【0055】多面鏡 40 のファセット 64 は、入力ファイバ 20 によって出力された光信号を共通の鏡 16 上の点 78 へ向けて反射する。光信号は、共通の鏡が光信号を多面鏡 53 へ向けて反射するような入射角度で共通の鏡の点 78 に入射する。多面鏡 53 において、共通の鏡によって反射された光信号は、光信号を出力ファイバ 33 に反射するような角度を与えられたファセット 94 へ入射する。

【0056】次に、図 9 を参照して、入力光路を介して出力光路に受信される光信号を切り換える本発明による方法 100 を説明する。入力光路は M 入力光路の配列のうちいずれか 1 つであり、出力光路は N 出力光路の配列のうちいずれか 1 つである。

【0057】処理 102 において、M 入力光路のそれぞれに対応する N 多面鏡が設けられる。（「N 多面鏡」は、N 個のファセットを有する多面鏡を指して用いている）

【0058】処理 104 において、N 出力光路のそれぞれに対応する M 多面鏡が設けられる。（「M 多面鏡」は、M 個のファセットを有する多面鏡を指して用いている）

【0059】処理 106 において、N 多面鏡のそれぞれは、それが対応する入力光路の 1 つに対面して配置される。

【0060】処理 108 において、M 多面鏡のそれぞれは、それが対応する出力光路の 1 つに対面して配置される。

【0061】処理 110 において、入力光路の対面に配置された N 多面鏡は、ステップ移動させられてそのファセットの 1 つを入力光路に整合させられる。入力光路に整合させられたファセットは、出力光路の対面に配置された M 多面鏡へ向けて光信号を反射するような角度を与えられる。

【0062】最後に処理 112 において、出力光路の対面に配置された M 多面鏡は、ステップ移動させられてそのファセットの 1 つを出力光路に整合させられる。出力光路に整合させられたファセットは、出力光路を介して受信する光を入力光路に対面して配置された N 多面鏡へ向けて光を反射するような角度を与えられる。

【0063】この方法は、さらに、図 3 A を参照して上述された処理を用いることが可能であり、例えば、入力光路を介して受信された光信号が切り替えられる先の出力光路を変更する処理である。図 9 において、出力光路は、第 1 の出力光路と呼ぶ出力光路から第 2 の出力光路へ変更される。第 2 の出力光路は、第 1 の出力光路とは異なる出力光路のうちの 1 つである。

【0064】この方法は、さらに、図 4 A 及び 4 B を参照して上述された処理を用いることが可能であり、例えば、図 9 に示すように入力光路から受信される光信号が

経由してくる元の入力光路を、第 1 の入力光路と呼ぶ入力光路から第 2 の入力光路へ変更する処理である。第 2 の入力光路は、第 1 の入力光路とは異なる入力光路のうちの 1 つである。

【0065】本発明は、入力光路の集合 12 及び出力光路の集合 14 が、それぞれ x 方向に一次元配列で設けられた光路からなる実施例を参照して説明してきた。しかしながら、入力光路の集合及び出力光路の集合のいずれか一方あるいは両方の光路は、x 方向とは異なる方向に、例えば、z 方向に配置された一次元配置でもあってもよい。光路が x 方向に一次元配列で配置される場合、多面鏡のファセットは z 軸に対して角度を与えられる。光路が z 方向に一次元配列で配置されて場合、多面鏡のファセットは x 軸に対して角度を与えられる。図 1、図 5 及び図 7 に示されるように、それぞれの光路に対応する多面鏡は、光路の配置とは無関係に光路の対面に配置される。

【0066】さらに別な実施例としては、入力光路の集合 12 及び出力光路の集合 14 のいずれかあるいは両方の光路は、二次元配列で配置することもできる。光路が二次配列で配置される場合、多面鏡もまた二次元配列で配置され、図 1、図 5 及び図 7 に示されるように、光路のそれぞれに対応する多面鏡は、それぞれの光路の対面に配置される。光路が二次元配列で配置される場合、多面鏡のファセットは、2 つの軸に対して角度を与えられる。例えば、光路は、x 軸に平行な列及び z 軸に平行な行からなる二次元配列に配置することが可能であり、この場合、多面鏡のファセットは z 軸及び x 軸に対して角度を与えられる。

【0067】本発明は、また、図 2 A に示されるような、各々が x 方向に配置された 1 つ以上の反射面を有する多面鏡の実施例を参照して説明されてきた。反射面のそれぞれは、多面鏡 40 のファセット 61-64 のうち 1 つを提供する。多面鏡は、別な例として、図 2 B に示されるように構成されることもできる。この例では、多面鏡 40 は、x-y 面に一次元配列で配置されたファセット 61-64 を提供するように形成される単一の反射面 65 からなる。

【0068】本発明は、多面鏡 40 のような多面鏡のファセットが x 方向の一次元配列で配置される実施例を参照して説明されてきた。しかしながら、別な例として、多面鏡のファセットは、x-z 平面内に x 方向以外の方向で配置することもできる。例えば、ファセットは z 方向に配置することができる。この場合、移動機構 70 は、ファセットが配置されている方向と平行な方向に多面鏡を移動することが好ましい。例えば、ファセットが z 方向に配置される場合、移動機構は多面鏡を z 方向へ移動させる。

【0069】さらに別の実施例として、多面鏡のファセットは、二次元配列で配置することもできる。例えば、



ファセットは、x方向に平行な列及びz方向に平行な行からなる二次元配列で配置することができる。明らかに、図2Bに示される単一の反射面65は、z方向へ拡張した二次元配列のファセットを提供するように形成されることができる。別の実施例として、ファセットの二次元配列は、図2Aに61-64で示される反射面をz方向へ拡張し、各々の反射面をz方向に配列したファセットの一次元配列に分割することにより得ることができる。

【0070】多面鏡のファセットが二次元配列で配置される実施例では、移動機構70は、図1と図7に示されている単一の方向の代わりに2つの方向へステージ60をステップ移動させる。ファセットがx方向に平行な列及びz方向に平行な行からなる二次元配列で配置される場合、移動機構は、図示されているx方向に加えてz方向へもステージをステップ移動させる。

【0071】本発明は、多面鏡のファセット61-64のように、平坦な表面を有するファセットの実施例を参照して説明されてきた。しかしながら、ファセットは、さらに、入力光路と出力光路の間の結合効率を最適化するため、ファセットによって反射される光を焦点調節させるような形状に形成することもできる。それぞれのファセットを含む入力光路と出力光路間の光路長は異なるので、それぞれのファセットは、ファセットによって反射される光を、ファセットが配置される光路の長さに対して最適に焦点調節させるような個別の形状に形成されることが好ましい。

【0072】多面鏡のファセットの角度の精度は、入力光路と出力光路との間を結合する効率を決定する。各々の多面鏡のファセットの角度は、いったん設計時に決定されると、光スイッチ10の動作中には変化しない。したがって、光スイッチの結合効率は、多面鏡が設計及び製造されるときに精度によってほとんど決定されてしまう。設計プロセスにより、低コスト及び高繰り返し精度で多面鏡を大量生産するのに用いられる適切なツールが生み出される。多面鏡またはそれらの構成要素は、完成された適切に管理された製造プロセスを用いて製造可能である。例えば、多面鏡またはそれらの構成要素は、微細加工処理によってシリコン単結晶から、あるいは、成型によって適当なプラスチック材料から製造できる。同様のプロセスが、各々の多面鏡の移動機構を製造するのにも応用することができる。

【0073】また、結合効率に影響を及ぼすのは、多面鏡のファセットを入力光路または出力光路に整合させる精度である。移動機構は、多面鏡を1方向または2方向または回転方向へステップ移動させる場合、必要な結合をもたらすファセットのみが入力光路または出力光路に整合されることを保証するだけの精度が必要とされる。移動機構に必要なとされる精度は、従来のMEMSを用いる光スイッチにおいてそれぞれの鏡の角度が少なくとも

一次元について動的に調整されなければならないことに伴う精度よりも数次数分大きいオーダで済ませることができる。本発明による光スイッチの多面鏡の角度は設計の段階で予め定められており、容易な機械制御と長期間にわたる安定性をもつ低損失の切り換えを提供する。

【0074】本明細書の開示は、本発明の実施例を詳細に説明しているが、本発明が、記載された実施例に厳密に制限されるわけではなく、付加した特許請求の範囲によって定義される本発明の範囲内において様々な変形が可能であることは理解されるであろう。

【0075】以下においては、本発明の種々の構成要件の組み合わせからなる例示的な実施態様を示す。

1. M入力光路の集合及びN出力光路の集合に編成された光路と、前記M入力光路のそれぞれ1つに対応し、Nファセットを有する多面鏡と、前記N出力光路のそれぞれ1つに対応し、Mファセットを有する多面鏡と、前記多面鏡の前記ファセットのうちの1つを前記多面鏡が対応する前記光路のうちの1つに選択的に整合させるように前記多面鏡をステップ移動させるための、それぞれの前記多面鏡に接続される移動機構と、からなる光スイッチ。

2. 前記光路の集合の一方に対応するそれぞれの前記多面鏡の前記ファセットが、前記光路の集合の他方に対応する多面鏡のうち異なるものへ光を反射する角度で設けられる、項番1の光スイッチ。

3. 前記光路の集合の一方において前記光路が一次元配列で構成され、前記光路の集合の一方における前記光路のそれぞれ1つに対応する前記多面鏡の前記ファセットが、1つの軸に関して角度を成す、項番1の光スイッチ。

4. 前記光路の集合の一方において前記光路が二次元配列で構成され、前記光路の集合の一方における前記光路のそれぞれ1つに対応する前記多面鏡の前記ファセットが、2つの軸に関して角度を成す、項番1の光スイッチ。

5. 前記2つの軸が互いに直交する、項番4の光スイッチ。

6. 前記多面鏡の前記ファセットが配列方向を有する一次元配列で構成され、前記移動機構が前記多面鏡を前記配列方向に対して平行な方向に移動させる、項番1の光スイッチ。

7. 前記移動機構が静電式リニアステッピングモータを含む、項番6の光スイッチ。

8. 前記多面鏡の前記ファセットが2つの配列方向を有する二次元配列で構成され、前記移動機構が前記配列方向のうちいずれか1つに対して平行な方向へ前記多面鏡を移動させる、項番1の光スイッチ。

9. 前記移動機構が二次元的な静電式リニアステッピングモータを含む、項番1の光スイッチ。

10. 前記多面鏡の前記ファセットが、前記ファセット

により反射される光を焦点調節するように曲面で形成される、項番 1 の光スイッチ。

11. 前記入力光路の 1 つから前記出力光路の 1 つへ前記多面鏡の前記ファセットの 1 つを含む光路を経由して光が通過し、その光路長が前記入力光路の 1 つの識別及び前記出力光路の 1 つの識別に依存し、前記ファセットの 1 つが、前記光路に前記光を焦点調節するように個別の曲面で形成される、項番 10 の光スイッチ。

12. 前記移動機構が前記多面鏡を直線的にステップ移動させる、項番 1 の光スイッチ。

13. 前記移動機構が前記多面鏡を回転的にステップ移動させる、項番 1 の光スイッチ。

14. 前記光スイッチがさらに、前記入力光路と前記出力光路との間に設けられ前記多面鏡の対面に配置された共通の鏡を有し、前記光路の集合の一方に対応するそれぞれの前記多面鏡の前記ファセットは、前記共通の鏡が前記光路の集合の他方に対応する前記多面鏡のうち異なるものへ光を反射させるような角度の入射角で、前記光を前記共通の鏡へ入射させるように反射するための角度が与えられる、項番 1 の光スイッチ。

15. M 入力光路の配列のうち任意の 1 つを介して受信される光信号を、M 出力光路の配列のうち任意の 1 つへ切り替えるための方法であって、前記 M 入力光路のそれぞれ 1 つに対応する N 多面鏡、及び前記 N 出力光路のそれぞれ 1 つに対応する M 多面鏡を設けるステップと、前記 N 多面鏡のそれぞれを、前記入力光路のうち対応する 1 つの対面に配置するステップと、前記 M 多面鏡のそれぞれを、前記出力光路のうち対応する 1 つの対面に配置するステップと、前記入力光路に対応する前記 N 多面鏡をステップ移動させて、前記出力光路に対応する前記 M 多面鏡へ向けて前記光信号を反射する角度を成している前記 N 多面鏡のファセットの 1 つを前記入力光路に整合させるステップと、前記出力光路に対応する前記 M 多面鏡をステップ移動させて、前記出力光路を介して受信される光を前記入力光路に対応する N 多面鏡へ向けて反射する角度を成している前記 M 多面鏡のファセットの 1 つを前記出力光路に整合させるステップと、からなる方法。

16. 前記 N 多面鏡及び前記 M 多面鏡を設けるステップにおいて、前記光路の集合の一方に対応する前記多面鏡のそれぞれの前記ファセットが、前記光路の集合の他方に対応する前記多面鏡の異なるものへ光を反射する角度を成すように設けられる、項番 15 の方法。

17. 前記入力光路を第 1 の入力光路としたとき、前記光信号が媒介されて受信される元である前記入力光路を、前記第 1 の入力光路から前記第 1 の入力光路とは異なる第 2 の入力光路へ変更するため、前記第 2 の入力光路に対応する前記 N 多面鏡をステップ移動させて、前記 N 多面鏡の前記ファセットのうち前記光信号を前記出力光路に対応する前記 M 多面鏡へ向けて反射する角度を成

している 1 つの前記ファセットを、前記第 2 の入力光路に整合させるステップと、前記出力光路に対応する前記 M 多面鏡をステップ移動させて、前記 M 多面鏡の前記ファセットのうち前記出力光路を介して受信される光を前記第 2 の入力光路に対応する前記 N 多面鏡へ向けて反射する角度を成しているいずれか 1 つの前記ファセットを、前記出力光路に整合させるステップと、をさらに含む項番 15 の方法

18. 前記出力光路が第 1 の出力光路であって、前記光信号が切り替えられる前記出力光路を、前記第 1 の出力光路から前記第 1 の出力光路とは異なる前記出力光路の 1 つである第 2 の出力光路へ変更するために、前記入力光路に対応する前記 N 多面鏡をステップ移動させて、前記 N 多面鏡の前記ファセットのうち前記光信号を前記第 2 の出力光路に対応する前記 M 多面鏡へ向けて反射する角度を成しているいずれか 1 つの前記ファセットを、前記入力光路に整合させるステップと、前記第 2 の出力光路に対応する前記 M 多面鏡をステップ移動させて、前記 M 多面鏡の前記ファセットのうち前記第 2 の出力光路から受信される光を前記入力光路に対応する前記 N 多面鏡へ向けて反射する角度を成している 1 つの前記ファセットを、前記第 2 の出力光路へ整合させるステップと、とをさらに含む項番 15 の方法。

19. 前記 N 多面鏡をステップ移動させるステップにおいて前記 N 多面鏡が直線的に移動され、前記 M 多面鏡をステップ移動させるステップにおいて前記 M 多面鏡が直線的に移動される、項番 15 の方法。

20. 前記 N 多面鏡をステップ移動させるステップにおいて前記 N 多面鏡が回転的に移動され、前記 M 多面鏡をステップ移動させるステップにおいて前記 M 多面鏡が回転的に移動される、項番 15 の方法。

21. 前記方法が、共通の鏡を設けるステップと、前記入力光路の配列と前記出力光路の間に、前記多面鏡に対面させる方向で前記共通の鏡を配置するステップと、をさらに含み、前記 N 多面鏡及び前記 M 多面鏡を設けるステップは、前記光路の集合の一方に対応するそれぞれの前記多面鏡の前記ファセットが、前記共通の鏡が前記光路の集合の他方に対応する前記多面鏡の異なるものへ光を反射させるような入射角で、前記光を前記共通な鏡へ反射させるように角度を成していること、を含む、項番 15 の方法。

【0076】

【発明の効果】本発明は、上記のように構成することにより、光スイッチの可動鏡の配置について従来必要とされていた高い精度を低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による光スイッチの単純化された第 1 の実施例を示す概略図である。入力光路 20 から出力光路 32 へ光信号を切り換えるように構成された光スイッチが示されている

17

【図 2 A】図 1 に示される光スイッチの多面鏡の第 1 の実施例を示す拡大略側面図である。

【図 2 B】図 1 に示される光スイッチの多面鏡の第 2 の実施例を示す拡大略側面図である。

【図 3 A】図 1 に示される光スイッチが、入力光路 20 から出力光路 30 へ光信号を切り替えるように再構成されたところを示す単純化された実施例を示す概略図である。

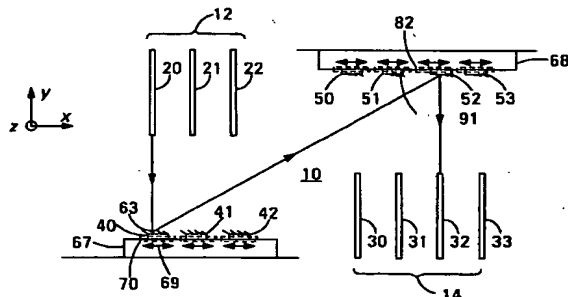
【図 3 B】図 1 に示される光スイッチが、入力光路 20 から出力光路 31 へ光信号を切り替えるように再構成されたところを示す単純化された実施例を示す概略図である。

【図 3 C】図 1 に示される光スイッチが、入力光路 20 から出力光路 33 へ光信号を切り替えるように再構成されたところを示す単純化された実施例を示す概略図である。

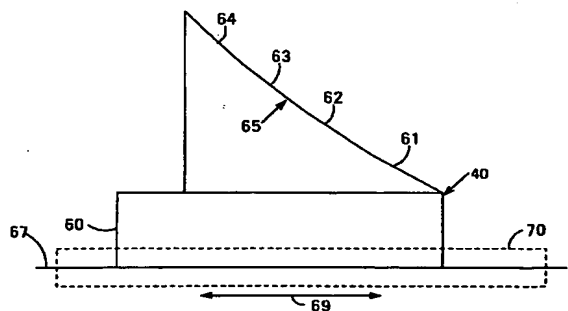
【図 4 A】本発明による光スイッチが、入力光路 21 から出力光路 32 へ光信号を切り替えるように途中まで再構成されたところを示す単純化された実施例を示す概略図である。

【図 4 B】本発明による光スイッチが、入力光路 21 から出力光路 32 へ光信号を切り替えるように完全に再構成されたところを示す単純化された実施例を示す概略図である。

【図 1】



【図 2 B】



18

【図 5】本発明による光スイッチの単純化された第 2 の実施例を示す概略図である。

【図 6 A】図 5 に示される光スイッチの一実施例の拡大略側面図である。

【図 6 B】図 5 に示される光スイッチの一実施例の拡大略平面図である。

【図 7】本発明による光スイッチの単純化された第 3 の実施例を示す概略図である。入力光路 20 から出力光路 32 へ光信号を切り換えるように構成された光スイッチが示されている。

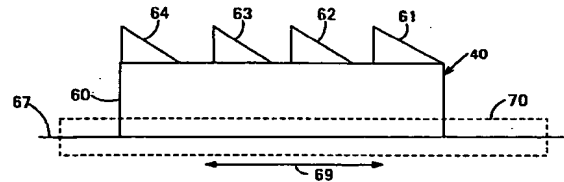
【図 8 A】図 7 に示される光スイッチが、入力光路 20 から出力光路 30 へ光信号を切り替えるように再構成されたところを示す単純化された実施例を示す概略図である。

【図 8 B】図 7 に示される光スイッチが、入力光路 20 から出力光路 31 へ光信号を切り替えるように再構成されたところを示す単純化された実施例を示す概略図である。

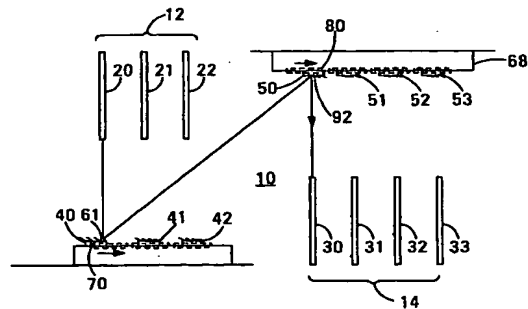
【図 8 C】図 7 に示される光スイッチが、入力光路 20 から出力光路 33 へ光信号を切り替えるように再構成されたところを示す単純化された実施例を示す概略図である。

【図 9】本発明による光信号を切り換える方法を示す系統線図である。

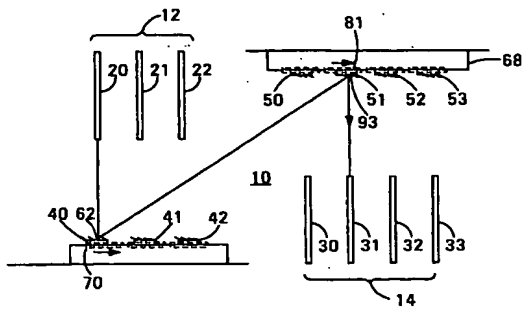
【図 2 A】



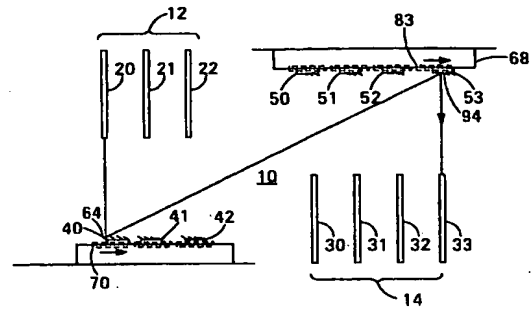
【図 3 A】



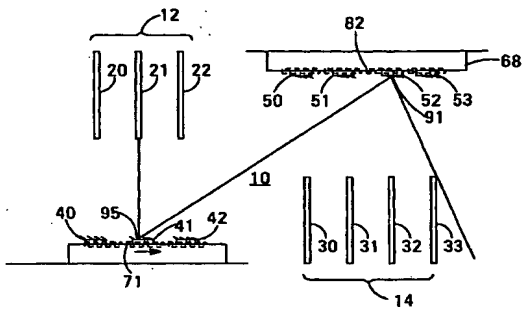
【図3B】



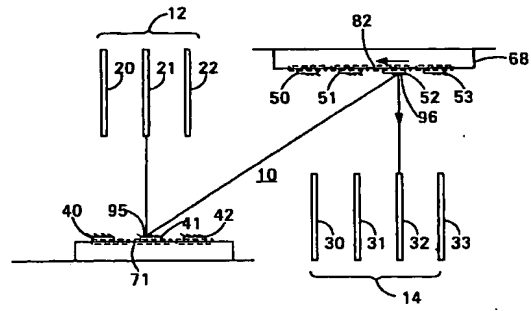
【図3C】



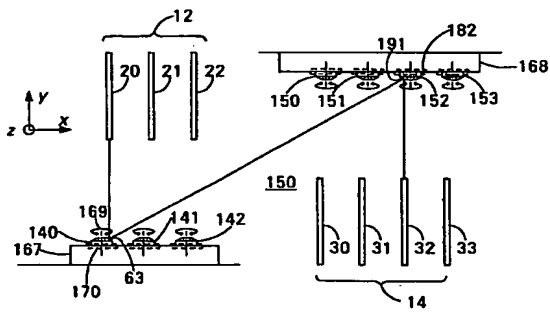
【図4A】



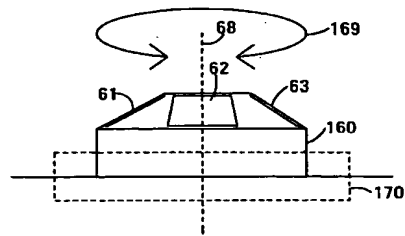
【図4B】



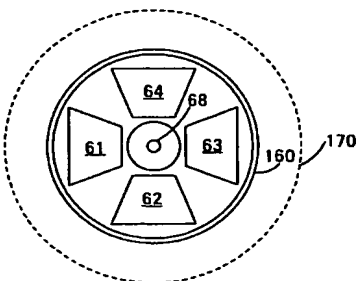
【図5】



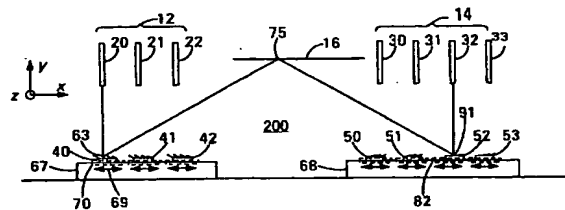
【図6A】



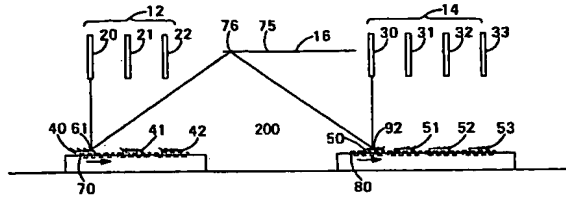
【図6B】



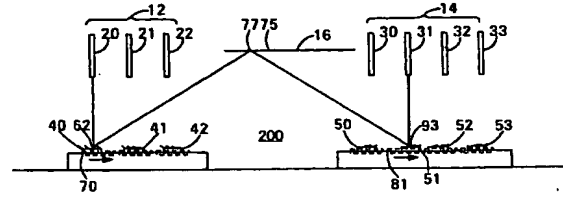
【図7】



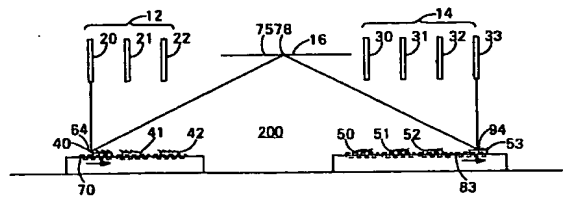
【図8A】



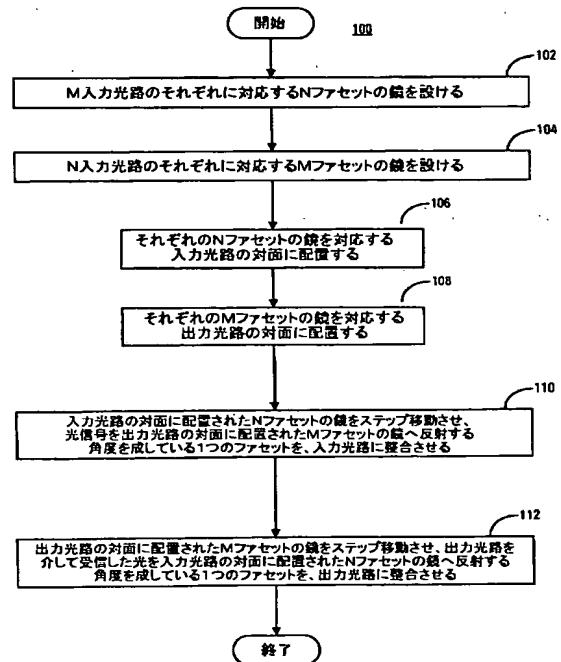
【図8B】



【図8C】



【図9】



フロントページの続き

(71)出願人 399117121  
395 Page Mill Road P  
alo Alto, California  
U. S. A.

(72)発明者 ジョン・シー・フィリップ  
アメリカ合衆国カリフォルニア州95476,  
ソノマ, イースト・ナパ・ストリート・  
344

(72)発明者 イアン・ハードキャスル  
アメリカ合衆国カリフォルニア州94087,  
サニーベイル, アリソン・ウェイ・814

Fターム(参考) 2H041 AA16 AB13 AB14 AB15 AC01  
AC08 AZ02 AZ03 AZ05